

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-45805

(43)公開日 平成7年(1995)2月14日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 27/14				
G 0 2 B 27/00				

7210-4M

H 0 1 L 27/ 14

D

7036-2K

G 0 2 B 27/ 00

J

審査請求 未請求 請求項の数15 F D (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平5-205632

(22)出願日 平成5年(1993)7月29日

(71)出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(72)発明者 松本 一哉

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ

ンパス光学工業株式会社内

(72)発明者 磯川 俊彦

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ

ンパス光学工業株式会社内

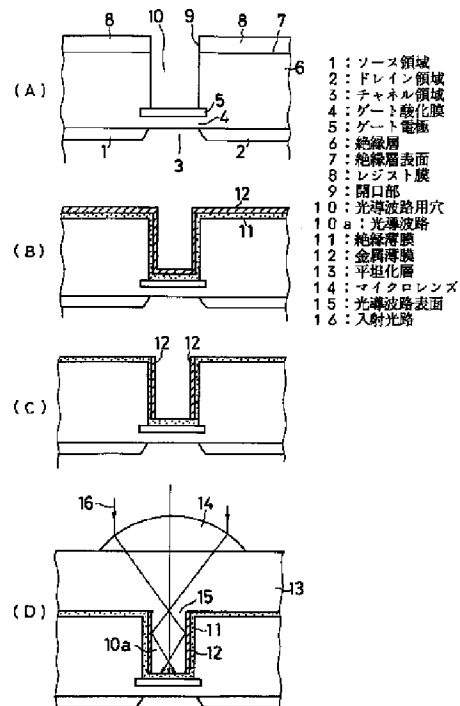
(74)代理人 弁理士 最上 健治

(54)【発明の名称】 オンチップマイクロレンズを備えた固体撮像装置

(57)【要約】

【目的】 画素が微細化されてもマイクロレンズの設計の自由度が大きく、充分なマイクロレンズ効果の発揮が可能なマイクロレンズ付の固体撮像装置を提供する。

【構成】 C M Dのチャネル領域3、ゲート酸化膜4及びゲート電極5からなるMOSホトダイオード部に対して絶縁層6をエッチングして光導波路用穴10を形成したのち、絶縁薄膜11と金属薄膜12を順次形成する。R I E法で金属薄膜12の除去を行い、穴10の側壁にのみ金属薄膜12を残し、該穴10内にSiO<sub>2</sub>等の透明材料を埋め込んで光導波路10aを形成すると共に、焦点が光導波路10aの入射面付近に存在するように平坦化層13及びマイクロレンズ14を形成し、マイクロレンズ付固体撮像装置を構成する。



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 ホトダイオードを含む画素を2次元状に多数配置した受光部と、該受光部上に形成された配線を含む絶縁層とを有する固体撮像装置において、少なくとも前記ホトダイオード上の絶縁層の一部に、受光部の受光面に対して垂直に光導波路を設けると共に、該光導波路の上部にオンチップマイクロレンズを形成し、該オンチップマイクロレンズの焦点が前記光導波路の光入射面近辺に存在するように構成したことを特徴とする固体撮像装置。

【請求項2】 前記光導波路は、その側壁が高光反射率を有する薄膜で覆われていることを特徴とする請求項1記載の固体撮像装置。

【請求項3】 前記高光反射率を有する薄膜は、アルミニウム、銀、金のいずれかで形成されていることを特徴とする請求項2記載の固体撮像装置。

【請求項4】 前記光導波路の側壁に設けた高光反射率を有する薄膜と、前記配線を有する絶縁層との間に絶縁材料よりなる薄膜が形成されていることを特徴とする請求項2又は3記載の固体撮像装置。

【請求項5】 前記光導波路は、該光導波路を囲む前記絶縁層の屈折率よりも大きい屈折率をもつ材料で形成されていることを特徴とする請求項1記載の固体撮像装置。

【請求項6】 前記光導波路を形成する屈折率の大きい材料は、チタンオキサイドであることを特徴とする請求項5記載の固体撮像装置。

【請求項7】 前記光導波路の光出射面側に面して、チン化シリコン膜が形成されていることを特徴とする請求項1～6のいずれか1項に記載の固体撮像装置。

【請求項8】 前記光導波路の光入射面側の面積が光出射面側の面積よりも大なるように構成したことを特徴とする請求項1～7のいずれか1項に記載の固体撮像装置。

【請求項9】 前記光導波路の光入射面側の光導波路部分以外の領域に、光に対して吸収あるいは低反射特性を有する膜が形成されていることを特徴とする請求項1～8のいずれか1項に記載の固体撮像装置。

【請求項10】 前記光に対して吸収あるいは低反射特性を有する膜は、チタニウムあるいはチタンナイトライド膜であることを特徴とする請求項9記載の固体撮像装置。

【請求項11】 前記光導波路は、カラーフィルターで形成されていることを特徴とする請求項1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10のいずれか1項に記載の固体撮像装置。

【請求項12】 前記カラーフィルターと前記高光反射率を有する薄膜との間に、絶縁材料よりなる薄膜が形成されていることを特徴とする請求項11記載の固体撮像装置。

【請求項13】 前記光導波路は、青色光を緑色光又は赤

色光に変換する作用を有する蛍光物質で形成されていることを特徴とする請求項1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10のいずれか1項に記載の固体撮像装置。

【請求項14】 前記蛍光物質と前記高光反射率を有する薄膜との間に、絶縁材料よりなる薄膜が形成されていることを特徴とする請求項13記載の固体撮像装置。

【請求項15】 前記光導波路の光入射面側と前記オンチップマイクロレンズの間にカラーフィルターが設けられていることを特徴とする請求項1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14のいずれか1項に記載の固体撮像装置。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【産業上の利用分野】 この発明は、感度を向上させるためにマイクロレンズを設けた固体撮像装置に関する。

**【0002】**

【従来の技術】 近年、固体撮像装置においては、感度を向上させるために、受光部フォトダイオード上にオンチップ、あるいは貼り合わせ技術を用いてマイクロレンズを形成し、開口率の向上を計っている。かかる技術に関しては、例えば特開昭60-38989号公報において、インターライン転送CCD撮像装置に適用したものが示されている。

【0003】 次に上記公報に開示されている技術内容について説明する。まず図8は、インターライン転送CCD撮像装置の平面概念図で、101は例えばフォトダイオードからなる光電変換素子、102は光電変換素子101で光電変換した信号を読み出す垂直CCDレジスタで、図示していないがフォトダイオードと垂直CCDレジスタ102の間には信号電荷の転送を制御するトランスファゲート領域が配置されている。103は並列に転送されてきた垂直CCDレジスタ102の信号を、1ライン毎に出力部104へ読み出す水平CCDレジスタである。図9は図8の拡大図で、101は光電変換素子、102は垂直CCDレジスタ、105はトランスファゲート領域、106, 107は垂直CCDレジスタ102の転送電極で、通常多結晶シリコンが使用されている。転送電極106, 107は1つの光電変換素子101に対応して1/2段のCCDを形成しており、図示していないが各転送電極とも垂直CCDレジスタ102の部分では2つの異なる電位をもつように、2層ゲート構造、あるいは基板半導体の不純物制御を行っている。また、転送電極106, 107は光電変換素子101の垂直分離部108を通して隣接する垂直CCDレジスタへ接続されている。また、トランスファゲート領域105及び垂直CCDレジスタ102は、例えばAlのような光を通さない層109で遮光されている。このように構成されているCCD撮像装置においては、光電変換素子101の実際の開口率は20～40%に制限されている。

【0004】 次に上記公報に開示されているかかるCCD撮像装置における開口率を向上させるため設けたマイ

クロレンズの形成方法について説明する。図10は図9のA-A'線に沿った断面を模式的に示している。インターライン転送CCD撮像装置は半導体基板100の主面に、例えば基板不純物と反対の導電型をもつフォトダイオードなどの光電変換素子101、閾値電圧を不純物によって制御されたトランスファゲート領域105、埋め込みチャンネルからなる垂直CCDレジスタ102が形成されている。そして基板の表面には絶縁膜110を介して転送電極106が配置されている。更にリンガラス層111を介して、垂直CCDレジスタ102及びトランスファゲート領域105を遮光するようにアルミニウムからなる遮光層109が配置されている。

【0005】このような構成のインターライン転送CCD撮像装置に開口率向上用のレンズを形成するには、まず図11に示すように、CCD撮像装置の主面に、透明で感光性のある第1の樹脂層112を形成する。該感光性樹脂層112はCCD撮像装置の主面の凹凸をなくすと共に、後で形成するレンズの焦点が光電変換素子上に結ぶように、レンズの焦点距離を調整する役目を兼ねている。透明感光性樹脂層112の厚さはレンズの曲率、レンズ材料の屈折率、光電変換素子101の開口率によって決定される。この構成例のように感光性樹脂層112を集光レンズとして使用する場合、屈折率を1.5、レンズの曲率半径を光電変換素子101のピッチ、光電変換素子101の開口率50%とすると、少なくとも感光性樹脂層112の厚さは光電変換素子101のピッチの1/2以上必要となる。

【0006】感光性樹脂層112を被着した後、撮像装置のボンディングパッド部及びスクライブ線上の感光性樹脂層112を樹脂自身のフォトレジスト作用を用いて除去す

$$t_1 = \{n_1 / (n_1 - n_0)\} \cdot \{(p^2 + t_2^2) / 2t_2\} - t_2 \quad \dots\dots (1)$$

ここで、 $n_0$ 、 $n_1$ は、それぞれ空気及び中間層の屈折率、 $p$ は水平方向画素ピッチの1/2である。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】ところで、半導体製造工程により作成される固体撮像装置においては、配線を形成するポリシリコン層あるいはアルミニウム層等を受光部上に多層に積層配置しているため、平坦化層上部までの距離 $t_1$ は、約4 $\mu\text{m}$ 程度が最低必要となる。

【0011】一方、固体撮像装置においては、高解像度を目的とした画素の縮小化が進められており、例えば1/2インチハイビジョン用固体撮像装置においては、画素サイズが3.8 $\mu\text{m}$ 前後となっている。このような画素サイズの固体撮像装置において、 $n_0 = 1$ 、 $n_1 = 1.5$ 、 $t_1 = 4.0\mu\text{m}$ 、 $p = 3.8/2 = 1.9\mu\text{m}$ として、前記(1)式から、レンズの厚さ $t_2$ を求めると、 $t_2 = 1.73\mu\text{m}$ となる。

【0012】この場合、レンズの厚さ $t_2 = 1.73\mu\text{m}$ と、レンズ底面の長さ(画素ピッチ)  $2p = 3.8\mu\text{m}$ か

る。その後感光性樹脂層112を硬化するため、該樹脂層112の転化温度以上で熱処理する。次に、感光性樹脂層112上にレンズアレイを形成するための第2の感光性樹脂層113を被着する。その後、第2の感光性樹脂層113は、露光、現像のフォトレジスト工程により、遮光層109上の一部及び光電変換素子101を垂直方向に分離している垂直分離部108上の一部が除去される。図12は第2感光性樹脂層113の現像後の平面模式図で、該第2感光性樹脂層113は光電変換素子101に対応してモザイク状に形成される。なお図13は、図12の断面を示す図である。

【0007】その後、第2感光性樹脂層113は、樹脂の転化温度以上で、且つ第1の感光性樹脂層112を熱処理した温度より低い条件で熱処理を行い、該樹脂層113の熱流動によりレンズ形状に成形され、マイクロレンズアレイ部114が形成される。図14は第2感光性樹脂層113の熱処理後の断面図である。

【0008】このようにマイクロレンズアレイ部114が形成されたCCD撮像装置においては、入射光はレンズ状の第2感光性樹脂層113からなるレンズアレイ部114の曲率半径及び第1感光性樹脂層112の厚さにより、遮光層109及び光電変換素子101の垂直分離部108に照射された光も、光電変換素子101の中に完全に集光することができる。

【0009】そして、入射光がレンズアレイ部114に対して垂直に入射されると仮定した場合、図15に示すように、絶縁層110、リンガラス層111(図示せず)、樹脂層112等からなる中間層の厚さ $t_1$ 、レンズアレイ部の厚さ $t_2$ としたとき、次式(1)を満足すると、開口率はほぼ100%になる。

$$t_1 = \{n_1 / (n_1 - n_0)\} \cdot \{(p^2 + t_2^2) / 2t_2\} - t_2 \quad \dots\dots (1)$$

らわかるように、マイクロレンズはほぼ半球形となる。このような半球形マイクロレンズの製作工程は、そのプロセスが難しくなる。

【0013】また、全反射を起こすブリュースター角 $\theta$ は、次式(2)より算出される。

$$\sin\theta = n_0 / n_1 \quad \dots\dots (2)$$

$n_0 = 1$ 、 $n_1 = 1.5$ の場合、 $\theta = 41.8^\circ$ となる。そして、この角度以上に入射面に対し傾いて進入する光は全反射される。したがって、前記半球形レンズの場合、上部よりレンズ部に垂直に均一光が入射した場合、全反射により無効となる割合は、 $1 - \{\cos(90 - \theta)\}^2 = 0.56$ となる。

【0014】すなわち、レンズ部に入射する均一光のうち、56%の光は全反射により受光部に入らないことになり、大幅な光感度の低下が生じることになる。更に、レンズ周辺部で全反射された入射光は、他画素に入射する場合があるが、この場合は、クロストークの発生となり、解像度及びレスポンスの低下を生じることとなる。

【0015】レンズの厚さ $t_2$ は、中間層の厚さ $t_1$ を増すことにより薄くすることができる。例えば、 $t_1 = 8\mu\text{m}$ とした場合は、上記(1)式より、 $t_2 = 0.71\mu\text{m}$ となる。この場合、円弧形状のマイクロレンズとなり、垂直入射光は全反射されることなく、レンズ層を通過する。したがって、このような円弧形状のマイクロレンズは、レンズ形状としては問題はないが、次に述べるような光路上での問題が生じる。すなわち、 $4.0\mu\text{m}$ 前後に画素サイズが縮小された場合、画素部における受光開口部は、 $2\mu\text{m}$ 以下と小さいものとなる。しかも開口部周辺は配線用のポリシリコンあるいは多層アルミニウム配線が縦横に存在している。オンチップマイクロレンズの製造工程において、画素部における開口部とマイクロレンズの中心に合わせずれが生じると、入射光の一部が上記ポリシリコン配線あるいは多層アルミニウム配線に当たり、反射、吸収を受け、感度の低下を生じる。

【0016】オンチップマイクロレンズにおいて、レンズ層の厚さが薄いほど、レンズを通過した入射光の角度が垂直に近くなるため、配線による反射、吸収は、レンズ層が厚い場合に比べ、起こり易くなることとなる。またレンズ層の厚さが薄く焦点距離が長いほど、入射光波長の差による焦点位置のずれ(色収差)が大きくなるため、マイクロレンズの焦点の位置(平坦層の厚さ)の設定が難しくなる。

【0017】更に、カメラレンズのFナンバ(絞り)によって、マイクロレンズに入射する入射光の角度が変わる(F値が小さいほど大きい入射角の成分が増える)が、この入射角度が変わった時の光路のずれは、平坦化層が厚いほど(レンズの厚さが薄いほど)大きくなる。以上の理由により、レンズ層の厚さをあまり薄くすることは不具合が生じ、望ましくない。しかし平坦化層が厚くなる要因が現実には存在する。

【0018】例えば、単板カラー固体撮像装置においては、通常マイクロレンズ下の平坦化層中に、赤(R)、緑(G)、青(B)等のカラーフィルターが形成される。また、固体撮像装置の受光部は大別して、CCD(Charge Coupled Device)撮像装置に使われている接合型p-nダイオードと、CMD(Charge Modulation Device)撮像装置に使われているMOS型ダイオードに大別される。MOS型ダイオードでは、その電極を形成している多結晶シリコンにより、特に青色光が一部吸収され、青感度の低下をきたす。この欠点を解消する一方法として、青色光を緑色～赤色光に効率よく変換する蛍光体薄膜の利用がある。このように単板カラー固体撮像装置に蛍光体薄膜を利用する場合、カラーフィルター下に蛍光体薄膜を形成する必要がある。

【0019】以上のように、単板カラー固体撮像装置において、蛍光体薄膜あるいはカラーフィルター層を形成した場合、更に平坦化層上部より半導体表面までの距離は長くなることになり、平坦化層上部に上記(1)式の

関係を満たすような、微細画素用のオンチップマイクロレンズを形成することは、ますます困難となる。

【0020】本発明は、従来のオンチップマイクロレンズを備えた固体撮像装置における上記問題点を解消するためになされたもので、画素が微細化されても、マイクロレンズの設計の自由度が大きく、充分なマイクロレンズ効果の発揮が可能で、且つカラーフィルター、蛍光体薄膜等が同時に形成可能なオンチップマイクロレンズを備えた固体撮像装置を提供することを目的とする。

#### 【0021】

【課題を解決するための手段及び作用】上記問題点を解決するため、本発明は、ホトダイオードを含む画素を2次元状に多数配置した受光部と、該受光部上に形成された配線を含む絶縁層とを有する固体撮像装置において、少なくとも前記ホトダイオード上の絶縁層の一部に、受光部の受光面に対して垂直に光導波路を設けると共に、該光導波路の上部にオンチップマイクロレンズを形成し、該オンチップマイクロレンズの焦点が前記光導波路の光入射面近辺に存在するように構成するものである。

【0022】このように構成された固体撮像装置においては、入射光はマイクロレンズにより光導波路の光入射面近辺に集光され、光導波路により効率的に受光部に導かれる。したがって、マイクロレンズ用平坦化層を構成する絶縁層の厚さ、あるいはマイクロレンズの厚さに、プロセス上における制限はなくなり、自由度が大きいマイクロレンズの設計が可能となる。また光導波路の上部に形成される絶縁層中に光遮蔽物は存在しないため、光の反射、吸収等は生じない。更に、光導波路を蛍光物質で形成し、その上部にカラーフィルターを設けることにより、微細画素で高感度な単板カラー固体撮像装置が実現可能となる。

#### 【0023】

【実施例】次に実施例について説明する。図1は、本発明に係るオンチップマイクロレンズを備えた固体撮像装置の第1実施例を形成する製造工程を示す図である。本発明は、固体撮像装置の受光部を構成するホトダイオードとして、p-n接合ダイオード、MOS型ホトダイオードのいずれを用いたものにも、適用可能であるが、以下述べる各実施例では、MOS型ホトダイオードからなるCMDを画素として用いたもので説明を行うこととする。

【0024】図1の(A)において、1は $n^+$ 拡散層よりなるCMDのソース領域、2は $n^+$ 拡散層よりなるドレイン領域、3は $n^-$ エピタキシャル層よりなるチャンネル領域である。4はゲート酸化膜、5は多結晶シリコンよりなるCMDのゲート電極であり、チャンネル領域3、ゲート酸化膜4及びゲート電極5でMOS型ホトダイオードを形成している。6は酸化膜等よりなる絶縁層であり、パッシベーション膜形成工程及び表面平坦化工程の終了後は、絶縁層6の表面7は受光領域様にわたり

良好に平坦化されている。次に、全面にレジスト膜8を形成したのち、MOS型ホトダイオード部の少なくともその一領域を開口するように、ホトリソグラフィ法を用いて開口部9となる部分のレジスト膜8を除去する。その後、リアクティブイオンエッチング(RIE)法を用いて、異方的に開口部9の下部の絶縁層6を除去し、光導波路用の穴10を形成する。なお、上記エッチング工程においては、絶縁層6とゲート電極5を構成している多結晶シリコンとのエッチング選択性の良好なエッチングガス系を用いる。

【0025】図1の(A)に示す構成を形成する工程が終了したのち、レジスト膜8を除去し、次いで図1の(B)に示すように、500℃以下の温度で、膜厚の均一性がよく且つ被覆性のよい絶縁膜及び金属膜の形成が可能な、低温Low Pressure Chemical Vapor Deposition(LPCVD)法あるいはPlasma CVD(PCVD)法等により、1000Å程度の厚さの絶縁薄膜11及び金属薄膜12を順次形成する。絶縁薄膜11の材料としては、例えば二酸化シリコン( $\text{SiO}_2$ )、窒化シリコン( $\text{SiN}$ )等の電気的な絶縁性に優れた可視光に透明なものがよく、また金属薄膜12の材料としては、アルミニウム(Al)、銀(Ag)、金(Au)等の高反射率を有する材料が好適である。

【0026】なお、絶縁薄膜11を形成するのは、金属薄膜12と多結晶シリコンゲート電極5、あるいは図示していないが、絶縁層6中に存在するアルミニウム等からなる配線との間の電気的な短絡を避けるためである。したがって、例えば、図1の(A)に示したRIE法による絶縁層6のエッチング工程において、多結晶シリコンゲート電極5の表面に数千Åの絶縁層6を残すようなエッチング工程を選択し、且つ絶縁層6中に存在するアルミニウム、多結晶シリコン等からなる配線と金属薄膜12の接触がないプロセス条件が選択できる場合は、必ずしも絶縁薄膜11の形成の必要はない。

【0027】上記金属薄膜12の形成後、該金属薄膜12のみを除去できるRIE工程により、異方的に金属薄膜12の除去を行い、図1の(C)に示すように、光導波路用穴10の側壁にのみ金属薄膜12が形成された状態にする。

【0028】その後、図1の(D)に示すように、光導波路用穴10の内部に $\text{SiO}_2$ 等の可視光に対して透明な材料を埋め込んで、光導波路10aを形成すると共に、続いて、前記(1)式の関係を満たすようなパラメータ値を有するレンズ用平坦化層13及びマイクロレンズ14を、熱軟化性樹脂等を用いて順次形成する。この際、マイクロレンズ14の焦点は、光導波路10aの表面15の付近に存在するように設計する。これにより、オンチップマイクロレンズを備えた固体撮像装置が得られる。なお、図1の(D)において、16は入射光路を示している。

【0029】なお、上記製造工程の説明においては、光導波路用穴10の内部への埋め込み工程とレンズ用平坦化

層13の形成工程とを、別工程として説明を行ったが、平坦化層13の形成工程において、一挙に光導波路用穴10の埋め込みを行い光導波路10aを形成する工程を行うことも可能である。

【0030】図1の(D)の断面図からわかるように、本実施例においては、光導波路を備えたマイクロレンズを良好に形成することが可能であり、しかもマイクロレンズ用平坦化層13中には光遮蔽物が存在しないため、光導波路10aに効率よく入射光の集光が可能となる。また集光された光は、反射率のよい金属薄膜12により効率よくホトダイオード部に導かれるため、高感度で且つ低クロストークの固体撮像装置が実現可能となる。

【0031】なお、上記実施例では、マイクロレンズ14は平坦化層13の表面に形成したものを示したが、平坦化層13より高屈折率を有する材料よりなるマイクロレンズを、平坦化層13中に埋め込んで形成する埋込レンズ構成とすることも勿論可能であり、更にはその埋込レンズと表面に形成されたマイクロレンズを併用した二階建レンズ構成とすることも可能である。

【0032】また、図1に示した第1実施例において、絶縁薄膜11を $\text{SiN}$ (屈折率2.0)で形成する場合、図1の(D)に示したプロセス終了時点で、その厚さを600Åあるいは1600Å近辺にするならば、入射光の多重干渉効果により、絶縁薄膜11の下方に形成されているMOS型ホトダイオードの感度の向上が可能となる。

【0033】次に第2実施例について説明する。この実施例は、コアクラッド(core clad)型の光導波路を備えたものである。この実施例においても、まず図1の(A)に示した第1実施例と同様の工程で光導波路用穴を形成する。但し、絶縁層6は屈折率が約1.5の絶縁材料で形成されている。次に、図2の(A)に示すように、ゾルーゲル法等を用いて、絶縁層6の屈折率よりも高屈折率値を有する $\text{TiO}_2$ (屈折率約2.0)等の材料を塗布し、光導波路用穴の内部を埋め込んで光導波路10aを形成すると共に、全面に高屈折率膜17を形成する。次いで、レジスト膜18を高屈折率膜17の上に塗布し表面の平坦化を行う。なお、 $\text{TiO}_2$ は良好な絶縁材であるが、高屈折率膜17が電気的な導電性を有する材料で形成される場合には、図1の(B)に示した第1実施例と同様に、予め絶縁薄膜11を形成する必要がある。その後、レジスト膜18と高屈折率膜17の選択比が1であるようなエッチング条件を用いて、RIE工程によりエッチバックを行う。これにより高屈折率膜17の表面は良好に平坦化される。続いて、図2の(B)に示すように、レンズ用平坦化層13及びマイクロレンズ14を光導波路10aの直上に形成し、マイクロレンズ付の固体撮像装置を完成する。

【0034】第2実施例においては、光導波路10aを構成している材料が、光導波路10aを取り囲んでいる絶縁層6の構成材料より高屈折率を有するため、光導波路10

aの構成は、コアークラッドの関係を満たし、マイクロレンズ14で集光された光は、良好にホットダイオード部に導かれる。なお高屈折率膜17の形成工程において、高屈折率材料の塗布後、表面の平坦性が良好ならば、レジスト膜18の塗布とその後のエッチバック工程は省略可能となる。更には、高屈折率膜17の厚さのみで、前記(1)式の数値関係が満たされる場合は、レンズ用平坦化層13の形成は不要となる。

【0035】更にまた、光学的なパラメータの選択によっては、図2の(A)に示した高屈折率膜17の直上、あるいはレジスト膜18の直上にマイクロレンズ14を形成して固体撮像装置を完成させることも可能であり、この場合はマイクロレンズ形成工程が大幅に簡略化される。なお、本実施例で説明した高屈折率膜17の表面を平坦化するエッチバック技術は、第1実施例で説明した、光導波路を可視光に透明な材料を埋め込んで形成する工程においても適用可能である。

【0036】次に第3実施例を、図3の(A)～(D)を用いて説明する。第1及び第2実施例においては、RIE法を用いて、光導波路用の穴をエッチングで形成したものを示したが、従来例でも説明したように、絶縁層6の厚さは4 $\mu$ m近くあり、図1の(A)に示したように、絶縁層6をゲート電極5まで除去する場合の終点検出が難しいという問題がある。第3実施例は、かかる問題点を解消するようにしたものである。構成としては、図3の(A)に示すように、ゲート電極5の直上あるいは数百ÅのSiO<sub>2</sub>膜20を挟んで、SiN膜等のRIE工程において除去される際に固有発光を行う膜19を形成した点に特徴を有する。

【0037】この構成によれば、絶縁層6のRIE法を用いたエッチングによる光導波路用の穴10の形成時に、固有発光膜19による固有発光を検出することにより、光導波路用穴10の形成のための絶縁層6のエッチングの終点検出が効果的に可能となる。光導波路用の穴10の形成後の図3の(B)～(D)に示す工程は、図1の(B)～(D)に示した第1実施例と同様であるので、ここでは、その説明を省略する。但し、この実施例では、絶縁薄膜11は形成していないものを示している。

【0038】なお、SiN等よりなる固有発光膜19は、この膜19の表面までRIE法を用いたエッチングによる絶縁層6の除去が終了した後に、除去してもよいし、あるいは残存させておいても構わない。また第1実施例でも説明したように、固有発光膜19がSiNよりなり、且つその膜厚が約600 Åあるいは約1600 Åの場合は、多重干渉効果によりMOS型ホットダイオードの感度向上効果が達成できる。

【0039】また第3実施例において、絶縁層6のRIE法を用いたエッチング工程の終了後、固有発光膜19を完全に除去する場合は、第1実施例と同じく、絶縁薄膜11を絶縁層6と金属薄膜12との間に介在させてもよい。

また、たとえ固有発光膜19が残存する場合でも、絶縁層6の内部に存在する配線が光導波路10aの側壁に設けられている金属薄膜12と接触する場合は、やはり同様に絶縁薄膜11を介在させる必要がある。

【0040】なお、第3実施例を示した図3においては、SiN等からなる固有発光膜19は、ゲート電極5の直上部のみに形成されたように図示しているが、勿論、受光部全面にSiN等からなる固有発光膜19を設けるようにしても何ら問題はない。

【0041】次に第4実施例について説明する。この実施例は光導波路の形状を上記各実施例と異ならせたものである。第1～第3実施例においては、光導波路の側壁を半導体(シリコン)表面に対し垂直とし、光導波路を円筒形状としたものを示したが、第4実施例は、かかる円筒形状に代え、光導波路をすり鉢形状に形成した点を特徴としている。

【0042】具体的には、図4の(A)に示すように、レジスト膜8をマスクとして絶縁層6をエッチングして光導波路用の穴10を形成する際、穴10に多少テーパ21が形成されるような条件で、気相RIEエッチングを実施する。その後第1実施例と同様な工程により、図4の(B)に示すように、すり鉢形状を有する光導波路10aを備えた固体撮像装置が得られる。

【0043】本実施例による利点としては、光導波路10aの光入射面側の面積が第1～第3実施例のものに比べ拡がるため、マイクロレンズ14からの入射光をより効率よく光導波路10aに導くことが可能となる。逆に光導波路10aのホットダイオード側の光出射面は、光入射面に比べて開口は小さくてよいので、光導波路10aの光出射面とホットダイオード部との合わせずれに対する許容度が大きくなり、プロセスの合わせずれに対するマージンを大きくすることも可能となる。なお、この第4実施例は、第1～第3実施例との併用が可能である。

【0044】次に第5実施例を、図5の(A)～(D)に基づいて説明する。この第5実施例では、図5の(A)に示すように、絶縁層6の形成後に、Ti、TiN等よりなる反射防止膜22を受光部全面に亘り絶縁層6の上部に形成し、続いてレジストパターン8を形成し、RIE法により選択的に、反射防止膜22、絶縁層6を順次除去し、光導波路用穴10を形成する。図5の(A)に示した工程の終了後、図5の(D)に示すマイクロレンズ形成工程までは、図5の(B)、(C)に示すように、図1の(B)、(C)に示した第1実施例とほぼ同様であるので、その説明を省略する。

【0045】この第5実施例においては、図5の(D)に示すように、光導波路10a以外に入射する迷光23は、反射防止膜22により吸収されるため、フレア等の偽信号の抑圧に大きな効果がある。なお、この第5実施例の構成は、第1～第4実施例の構成との併用が可能である。

【0046】次に第6実施例を、図6の(A)～(D)

に基づいて説明する。この第6実施例は、単板カラーカメラ用のカラーフィルターを設けたマイクロレンズ付の固体撮像装置に関するものである。まず図6の(A)に示すように、図5の(A)に示した第5実施例と同様に、光導波路用の穴10を形成し、次いで図6の(B)に示すように、絶縁薄膜11及び金属薄膜12を順次形成し、RIE法により金属薄膜12の除去を行って、光導波路用の穴10の側壁にのみ金属薄膜12が形成された状態とする。次いで、図6の(C)に示すように、光導波路用の穴10の内部に、R、G、Bなどの選択透光性を有する有機あるいは無機のカラーフィルター材を埋め込み光導波路型カラーフィルター24を形成する。

【0047】なおカラーフィルター24の形成工程あるいはその存在により、金属薄膜12が腐食されるおそれがある場合は、図6の(C)に示すように、上記金属薄膜12を光導波路用穴10の側壁に形成した後、カラーフィルター24を形成する前に、SiO<sub>2</sub>等の絶縁材料よりなる腐食防止薄膜25を低温LPCVD法等を用いて形成すればよい。

【0048】光導波路型カラーフィルター24を形成した後は、図6の(D)に示すように、第1実施例と同様に、レンズ用平坦化層13及びマイクロレンズ14を形成し、カラーフィルターを備えた固体撮像装置が得られる。

【0049】この実施例においては、図6の(D)に示すように、レンズ用平坦化層13の下、すなわちマイクロレンズ14の焦点付近あるいは、それより下方に光導波路型カラーフィルター24が形成されているため、マイクロレンズ用平坦化層13の厚さの設計は、カラーフィルター24とは無関係に設定でき、したがってマイクロレンズの光学設計の自由度は、カラーフィルターの存在にもかかわらず大にすることができる。またカラーフィルター24で選択的に透過された各色の光は、その光導波路効果により、効率的にホトダイオードに集光されるため、高感度且つ混色のない色再現性に優れた固体撮像装置の実現が可能である。また、この実施例は、第1、3、4、5実施例との併用が可能である。

【0050】最後に、第7実施例を図7の(A)～

(D)に基づいて説明する。この第7実施例は、カラーフィルターと蛍光材料層を設けたマイクロレンズ付の固体撮像装置に関するものである。まず図7の(A)、

(B)に示すように、図5の(A)、(B)に示した第5実施例と同様に、光導波路用の穴10を形成したのち、絶縁薄膜11と金属薄膜12を順次形成する。次いで、図7の(C)に示すように、光導波路用穴10内に、青色光(波長:400～450nm)を効率よく緑～赤色光に変換するクマリン等の蛍光物質を埋め込み光導波路型蛍光材料層26を形成する。その後、図7の(D)に示すように、カラーフィルター27が蛍光材料層26に対向して位置するように、その中に含むレンズ用平坦化層13を形成し、最

後にマイクロレンズ14を作成する。なお、第6実施例と同様に、金属薄膜12の保護のため、蛍光材料層26と金属薄膜12との間に、絶縁材料よりなる保護用薄膜を介在させる構成が有用である。

【0051】このように構成されたマイクロレンズ付の固体撮像装置においては、マイクロレンズ14で集光された青色光は、光導波路型蛍光材料層26により、効率よく緑～赤色光に変換されるため、MOS型ホトダイオードにおいても、高い青感度が得られる。更に蛍光材料層26による蛍光は、全方向に等方的に放射されるが、この蛍光材料層26は光導波路を形成しているため、蛍光材料層26内に蛍光が閉じ込められ、したがって蛍光が他の画素部に入射して生じる混色や、蛍光が逸散することにより生じる青感度の低下を有効に防止できる。

【0052】なお、三板カラーカメラの場合は、固体撮像装置中にカラーフィルターは不要なため、三板カラーカメラに用いる場合、図7の(D)に示した第7実施例においては、蛍光材料層26は必要であるがカラーフィルター27は形成しなくてもよい。逆に、p-n接合ホトダイオード構造の画素を用いた固体撮像装置に適用する場合は、蛍光材料層は不要なため、図7の(D)に示した第7実施例の構造においては、カラーフィルター27は必要であるが、蛍光材料層26は形成しなくてもよい。この場合、もちろん第6実施例に示したようなカラーフィルターを設けた構成を適用することができる。

【0053】図7の(D)に示したカラーフィルターの配置態様は、通常カラーセンサで用いられるカラーフィルターの製造工程と同一の工程で形成できるため、安定したプロセスでカラーフィルターが製作可能となる。

【0054】更に、この実施例におけるカラーフィルター27は、光導波路型蛍光材料層26の光入射面付近に形成すればよく、従来のカラーセンサの場合の画素全面にカラーフィルターを形成する必要がある場合に比べて、カラーフィルターの位置合わせ等を考慮した形成工程に充分余裕が生じるという利点もある。更に図7の(D)に示すように、光導波路型蛍光材料層26以外の部分が、反射防止膜22で覆われている構成になっているので、カラーセンサの混色防止、迷光の低減等多くの長所が生じることとなる。なお、この実施例も、第1、3、4、5実施例との併用が可能である。

【0055】

【発明の効果】以上実施例に基づいて説明したように、本発明によれば、ホトダイオード上の絶縁層の一部に光導波路を設けると共に、その上部にマイクロレンズを設け、その焦点を光導波路の光入射面近辺に存在するようにしたので、画素が微細化されても、マイクロレンズの設計の自由度が大きく、充分なマイクロレンズ効果の發揮を可能としたマイクロレンズ付の固体撮像装置を実現することができる。また光導波路を蛍光物質で形成し、カラーフィルターを設けることにより、微細画素で高感

度な単板カラー固体撮像装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係る固体撮像装置の第 1 実施例の構成を説明するための製造工程を示す図である。

【図 2】本発明の第 2 実施例の構成を説明するための製造工程を示す図である。

【図 3】本発明の第 3 実施例の構成を説明するための製造工程を示す図である。

【図 4】本発明の第 4 実施例の構成を説明するための製造工程を示す図である。

【図 5】本発明の第 5 実施例の構成を説明するための製造工程を示す図である。

【図 6】本発明の第 6 実施例の構成を説明するための製造工程を示す図である。

【図 7】本発明の第 7 実施例の構成を説明するための製造工程を示す図である。

【図 8】従来のインターライン転送 C C D 撮像装置の構成例を示す概略平面図である。

【図 9】図 8 の部分拡大図である。

【図 10】図 9 の A-A' 線に沿った断面を示す図である。

【図 11】従来のマイクロレンズアレイ部を備えた C C D 固体撮像装置の製造工程を示す断面図である。

【図 12】図 11 に示す製造工程に続く製造工程を示す平面図である。

【図 13】図 12 の断面を示す図である。

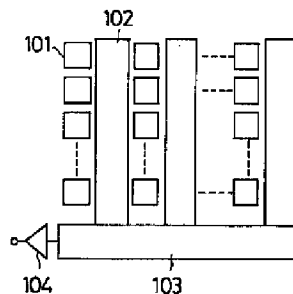
【図 14】マイクロレンズアレイ部が形成された C C D 固体撮像装置の断面を示す図である。

【図 15】レンズアレイ部の厚さ及び中間層の厚さと開口率との関係を説明するための説明図である。

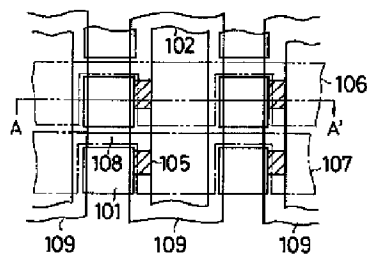
【符号の説明】

- 1 C M D ソース領域
- 2 C M D ドレイン領域
- 3 チャンネル領域
- 4 ゲート酸化膜
- 5 ゲート電極
- 6 絶縁層
- 7 絶縁層表面
- 8 レジスト膜
- 9 開口部
- 10 光導波路用穴
- 10a 光導波路
- 11 絶縁薄膜
- 12 金属薄膜
- 13 レンズ用平坦化層
- 14 マイクロレンズ
- 15 光導波路表面
- 16 入射光路
- 17 高屈折率膜
- 18 レジスト膜
- 19 固有発光膜
- 20 SiO<sub>2</sub> 膜
- 21 テーパー
- 22 反射防止膜
- 23 迷光
- 24 光導波路型カラーフィルター
- 25 腐食防止薄膜
- 26 光導波路型蛍光材料層
- 27 カラーフィルター

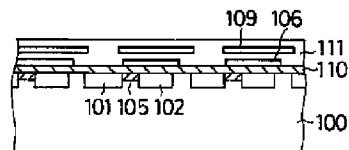
【図 8】



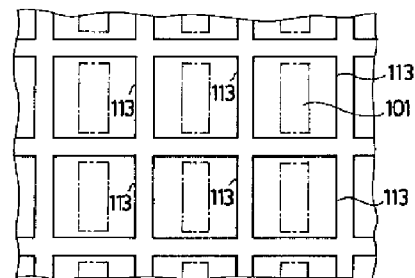
【図 9】



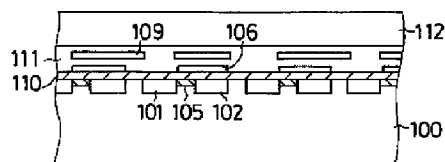
【図 10】



【図 12】

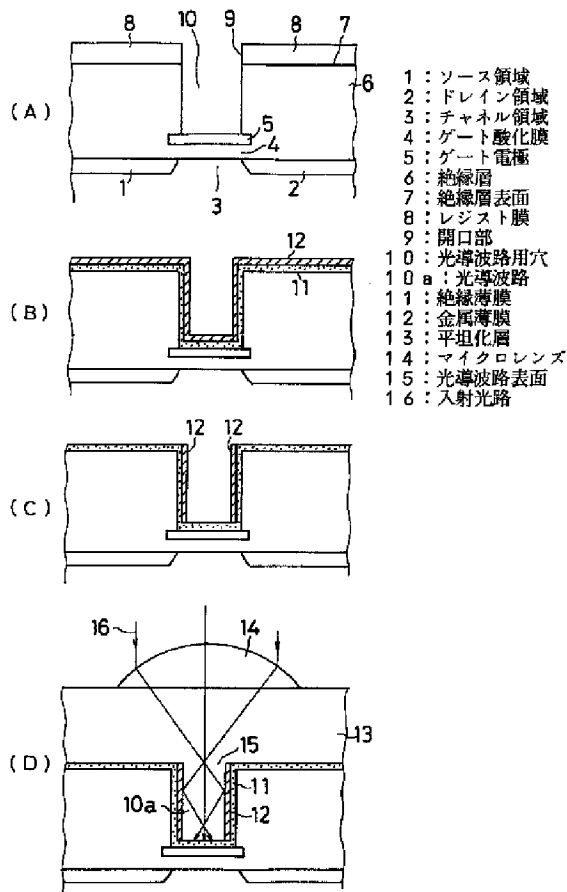


【図 11】

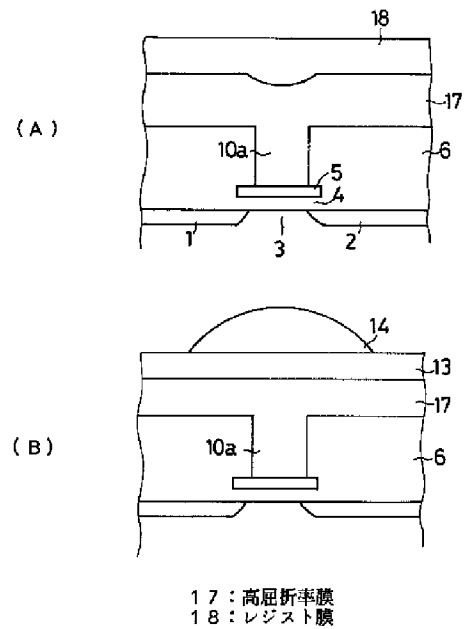




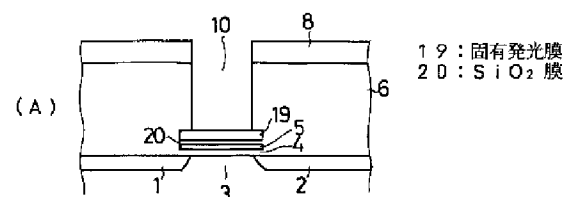
【図1】



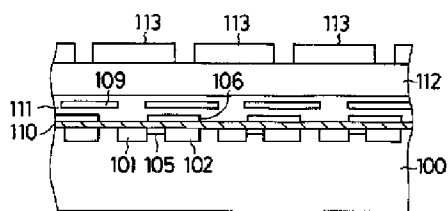
【図2】



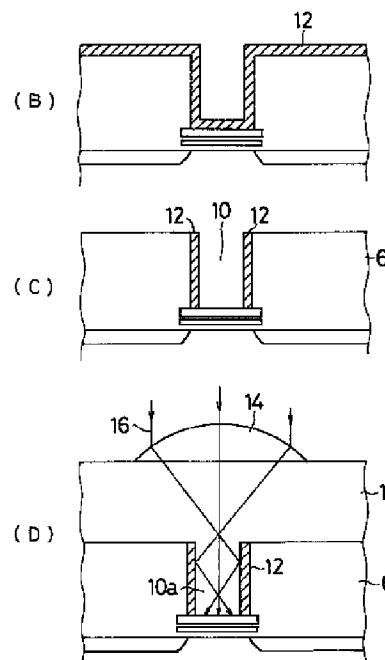
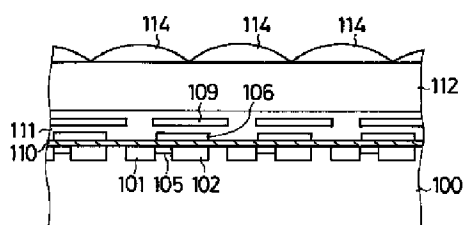
【図3】



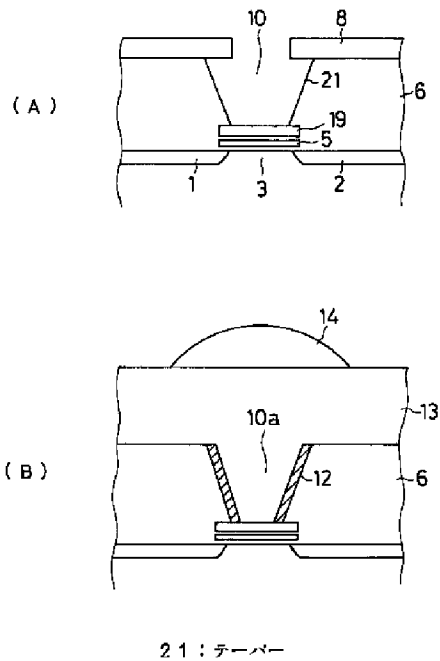
【図13】



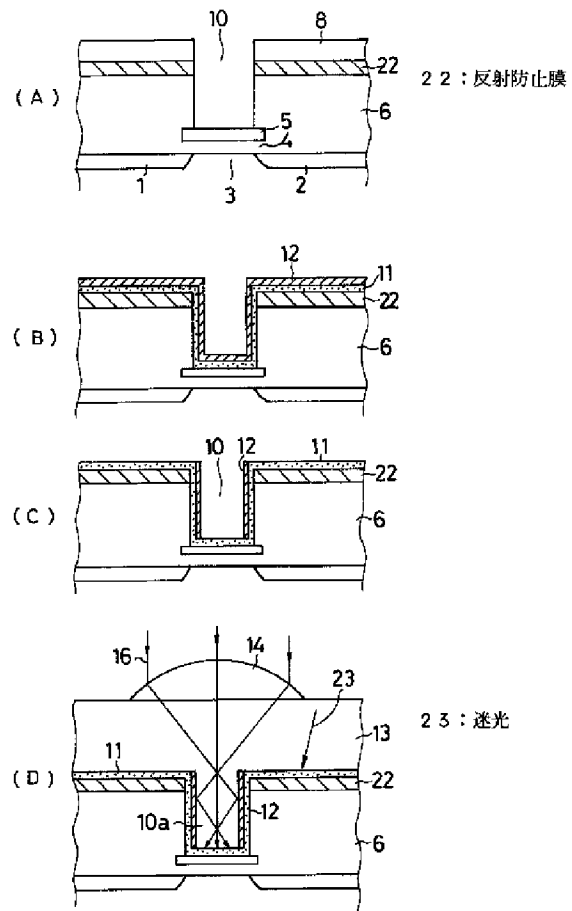
【図14】



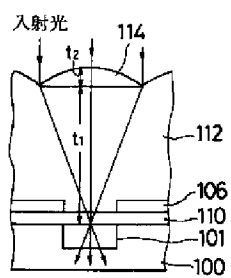
【図 4】



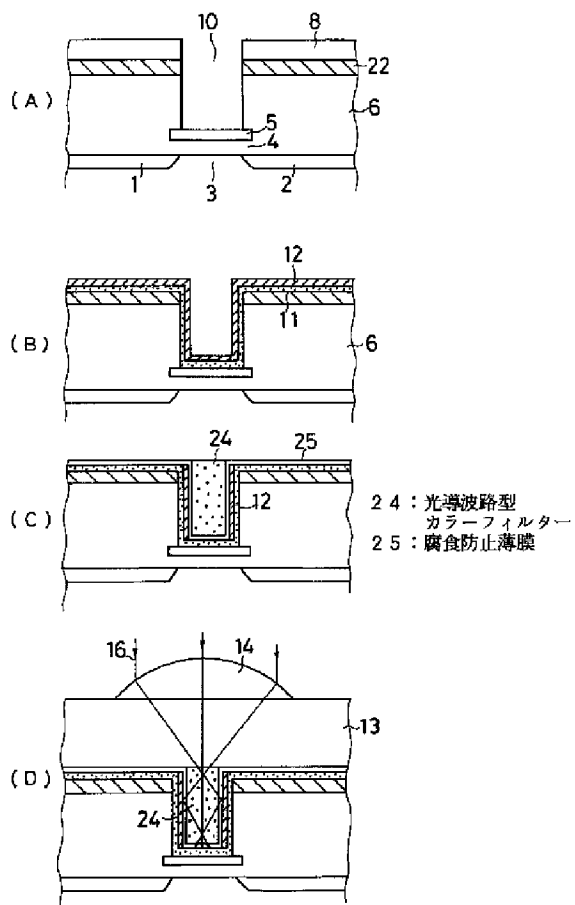
【図 5】



【図 15】



【図 6】



【図 7】

